

面向 21 世纪的高性能船舶

恽良 鄂成杰

(中国船舶及海洋工程设计研究院)

摘要 系统介绍国内外高性能船舶发展特点、现状,分析国内高性能船舶发展形势,展望超高速地效翼船、大型车客渡船和集装箱船、气垫船、双水翼自控水翼艇的远景。

关键词 高性能船舶 特点 现状 发展形势

1 高性能船舶需求的迅速增加

我国实施改革开放政策以来,经济建设一直呈高涨的趋势,这加速了运输业的发展,尤其是客运的发展。但是,由于航运业未能及时转向市场经济的经营机制,水上客运量在与铁路客运、公路客运的激烈竞争中呈缓慢下降趋势。据统计,至1994年,我国水上客运周转量在全社会客运周转总量中所占的比重已由1952年的9.7%降至2.1%。水上客运已面临严重的生存危机。

显然,水上客运的低速、设备差、舒适性差等因素严重影响了我国水上客运的发展,即使我国拥有长江、珠江、西江、黑龙江等河流和沿海航道,也未能得到充分的利用。以长江航线为例,从上海至重庆乘船需费时6天整,乘火车只需51小时,乘飞机只需1~2小时。因此,轮船公司为招揽顾客不得不降低票价。但即使这样,载客率也难以达到50%,目前仍是亏额营运。因此,水运部门提出水上客运长距旅游化,短距高速化,应该说是一个较为实际的解决办法。

根据截止1995年上半年的不完全统计,目前投入固定航线定班营运的高速客船(40客位以上,航速在23节以上)已达190余艘,年平均增长率达38%。各式各样的高速船遍及全国20几个省市,分布在珠江、长江、黄河、黑龙江四大水系及渤海、黄海、东海、南海的沿海海域,主要水上高速客运航线已有50余条。其中珠江三角洲地区有25条高速客运航线,客位保有量为10294,占全国的52.3%;长江三角洲有7条高速客运航线,3052客位,占全国高速客运总量的15.4%;长江中上游地区有8条航线,4157客位,占全国高速客运总量的21.1%;黑龙江有3条航线,599客位,由于冬季结冰,其客运总量仅占全国的0.4%;在渤海湾目前仅有大连—烟台航线,1595客位。^[1]

以上统计还不包括即将回归祖国的香港地区,和有可能即将开航的台湾到祖国大陆的直通客运航线。根据1994年的不完全统计,全世界(未计及我国大陆部分和独联体国家)航运公司经营的高速客船共848艘,其中香港地区就占113艘,如再计及大陆的190艘,则我国总计为300艘,占全世界(未计及独联体国家)高速客船的1/3。目前在欧美、日本等一些发达国家高速客运已基本饱和,要做的工作仅是在旧船更新工作中不断采用新技术使船舶性能如经济性、舒适性等更好。此外,就是发展大型高性能的车客渡船和货船。而我国的高速水运还仅仅是

开始,各航运公司为了争取顾客采取了一些暂时性措施,如买外国二手船(水翼船、双体船等)和各种新型高性能船。而外国公司(如澳大利亚的 Austal 公司、AMD 公司、挪威克瓦纳公司等)则更把目光放在中国,争取把其最新的成果(如 45 节燃气轮机型双体船、带有防摇装置的新型海上双体船、穿浪船等)甚至一些陈旧不堪的二手船(如前苏联的水翼艇,目前由于经济困难,原来建造的 800 多艘水翼艇中很多都已停航)都争相卖给中国。在这种情况下,我国从事高性能船舶的设计、研究、建造的机构、工厂等相继兴起,也在逆境中争取一席之地。

但不管怎样,鉴于我国的经济形势,市场广大和得天独厚的地理条件,以及广大的客运流量,因此 21 世纪全世界高速客运和高速船市场重点将在亚洲,而亚洲最大的市场在中国。

至于军用船舶,自从二次大战以来,随着潜艇和舰载航空兵的日益发展,水面舰艇有相当长的一段时间里被西方所忽视,它们的作用似乎只是执行航空母舰编队中的反潜和防空任务。但是随着新武器、新系统的产生,情况将随之变化。很多专家认为由于威力巨大的舰船导弹的出现更能发挥攻击水面作战舰艇的战斗能力,这就出现了所谓水面攻击舰艇的复兴。

水面舰艇将可承担以下主要任务:

- 1) 作为水面战斗群;
- 2) 作为海空地特遣部队;由两栖攻击舰(含短距或垂直起降飞机、全垫升气垫船、直升飞机等)和驱逐舰,护卫舰组成。
- 3) 水面舰艇巡逻部队、包括导弹巡逻艇加高速母舰等。

因此水面作战舰艇将重新获得它在 40~50 年代由于航母的出现而失去的影响,但必须加强如下性能:

- 1) 航速、机动能力和快速反应能力;
 - 2) 有较好的游弋能力、适航性、续航力和自持力;
 - 3) 舰船的探测距离和隐形能力、武器的射程与威力,并保证这些武器的有效使用。
- 这样,现代高性能舰船也就应运而生了。

2 各种高性能船舶的特点和发展现状

何谓高性能舰船?高性能舰船就是指那些具有这种或那种优良性能的船舶,这些性能包括快速性、两栖性、耐波性、抗风性、稳性、浅吃水、较小水下物理场(磁场、音场、和压力场)、水下抗爆炸能力、宽敞的舱容和甲板面积等等。因此,我们认为以高性能船舶来统称这些船舶比所谓高速船更为贴切。

高性能船舶一般包括气垫船(全垫升气垫船、气垫平台和侧壁气垫船)、翼船(水翼艇和冲(气)翼船,如今在我国命名为掠海地效翼船),高速双体船(即一般高速双体船、小水线面双体船、穿浪双体船等),及高速单体船(含深 V 型单体船)等。

2.1 全垫升气垫船(如图 1 所示)

全垫升气垫船的重量全部由气垫支承。艏部有浮箱,在水上可提供足够支承船重的浮力。浮箱底下安设着落垫,供陆上停放使用。船上设置垫升风扇,用以产生增压空气,船底部四周安装柔性围裙,用以封闭气垫,防止气体外逸。采用空气螺旋桨作为推进装置。用空气舵和喷射空气装置进行操纵。选用船用燃气轮机或高速风冷柴油机作为垫升和推进动力。

2.1.1 特点:速度高、通过性好、有两栖性、甲板宽畅,能在江河湖海、急流险滩、沙漠、草原、泥

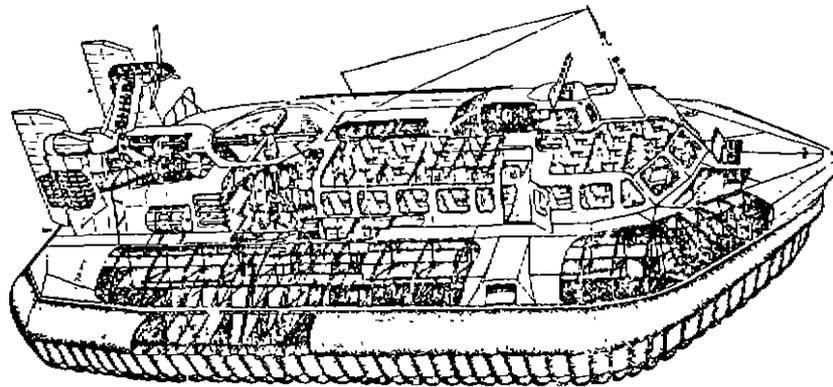


图1 全垫升气垫船的透视图

泞沼泽、冰雪地行驶,具有一定的越障、跨沟、登陆、爬坡能力;对支承表面的压力和水下物理场小(如音响、水压、磁场等),见表1。

2.1.2 缺点:造价高、空气螺旋桨寿命低、续航力低、波浪中失速、野外噪音大。

2.1.3 用途:军事上可作登陆艇,如图2所示。气垫登陆艇载于船坞登陆舰或两栖攻击舰之内在接近敌岸时强行登陆,故可弥补上述部分缺点。可用作岛屿间交通艇;民用上可作气垫交通艇,尤其适合于极浅水的河床、滩头和冰上等一般船和车辆无法运行的地区,也可用于油田作为工作艇或钻井、探油平台。

表1 各种运输工具的足印压力

运输工具	足印压力(Pa)
轻型坦克	30 000 ~ 40 000
60型水陆两用坦克	56 000
罗立刚宽胎载重车	10 000
步行者	60 000
滑雪者	4 000
气垫船	1 000 ~ 5 000

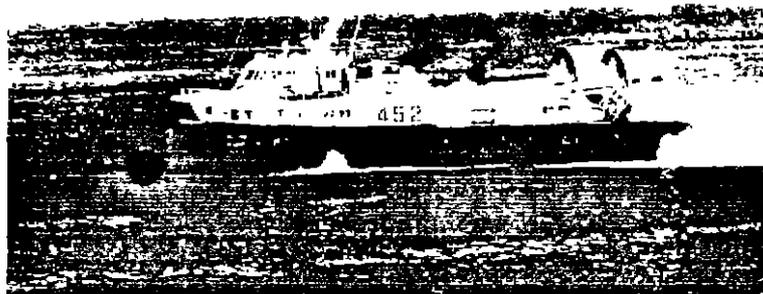


图2 我国722 II型气垫登陆艇

2.1.4 国内外发展情况(见表2)

我国从60年代开始在708所等单位开展了研究与发展工作,80年代中期进入实用阶段,目前已(将)建成各型船共50余艘,用于旅游、客运、油田、军事等用途。

在国外,英国以民用为主,已建造各型气垫船如SRN4等用于英吉利海峡。但基于上述缺点,在竞争中处于劣势。

前苏联已建成27吨“鹅”型,90吨“天鹅”型,150吨“12061”型,200吨“鹤”型,350吨“柏莫

表2 国内外主要全垫升气垫船的主要参数

艇的型号	7210	716 II	722 II (图2)	LACV-30	LCAC (图3)	Airt	Lebed	Pomornik	12061	AP1.88	724	HT-903
国家	中	中	中	美	美	两	独	联	体	英	中	中
船型	巡逻艇 油田工作艇	气垫 交通艇	气垫 登陆艇	美 后勤 支援艇	美 后	柄	登	陆	艇	客船	气垫登陆艇	气垫客船
总长(m)	9.7	17.94	31.2	23.3	26.8	47.3	24.4	57	32	24.5	12.2	24.3
总宽(m)	3.4	8.3	15.7	11.2	14.3	17	10.8	22	15	11.2	4.7	8.8
载重(t)	11人	34人	12.5	25	54.3	90	35	100	24	100客	1.1	100客
总重(t)	4.4	20	98	50	160	270	86	360	100	47.15	6.35	42
最大航速 (km)	24.2	39	47.6	45	50	65	65	55	50	50	27	33.5(巡航)
船体材料	铝	铝	耐腐蚀铝合金	铝	铝	铝	铝	铝	铝	铝	铝	铝
发动机	1×BF6L913 1×BF6L912	3×BF12L413 风冷柴油机	2×409船用 燃气轮机	2×ST65 燃气轮机	4×TF40B 燃气轮机	2×NK12MV 燃气轮机	2×A1E0 燃气轮机	5×NK12 燃气轮机	4×BF12L513CT2 风冷柴油机	4×BF12L513CT2 风冷柴油机	4×BF61913 风冷柴油机	4台直体兹 风冷柴油机
总功率 (kW)	108+67	3×314	2×2205	2×1323	4×2920	2×10880	2×3050	2×7350	2×7350	4×441	2×140	4×368
续航力 (n.mile)	200	230	200		250			200	10h	80		
武备	/	/	2×14.5机舱		2×II 30火炮 2×II 30火炮 1×II 30火炮	2×III 30炮 2个对空导弹个榴弹射击装置					1×12.7机枪	
建造年份	1984	1986	1989	1969	1984	1970	1973	1986	1986	1984	1994	1994
备注	10余艘	重庆 轮船公司	青岛 团岛部队	26艘	60余艘	16艘	35艘	已建3艘 正在建2艘	已建3艘 正在建2艘	批产4艘		

尼克”型等共 80 余艘。不仅可用于舰载登陆而且可以用于岸岸登陆作战。

美国则由于海湾战争成功地使用了气垫登陆艇 LCAC 型,证明了全垫升气垫登陆艇有着巨大的作战潜力,业已停止了对它的争议,目前已建成 91 艘,耗资近 20 亿美元。

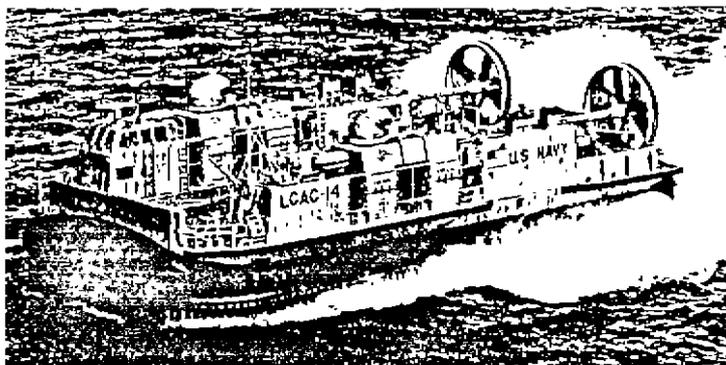


图 3 美国坦克气垫登陆艇

2.2 侧壁气垫船

侧壁气垫船与全垫升气垫船的不同之处就在于前者左右舷各有一个刚性侧壁从而较大幅度地减少了气泄流量和飞升功率(图 4),如此结构形式虽然不俱备两栖性,但却有它的一系列特点。

2.2.1 特点:

- 1) 飞升功率小,经济性好;
- 2) 因采用水下推进装置,故桨盘面小、有利于船舶向大型化发展,推进装置可靠、寿命长;
- 3) 具有较好的横稳性和耐波性;
- 4) 采用可靠的柴油机作为主动力,并将该装置置于侧壁中,因此传动简单,与常规船相仿;
- 5) 甲板和舱室宽大;
- 6) 吃水浅,水下物理场小;
- 7) 可采用安全、结实的钢材作为大型船的船体材料,具有价廉、可靠、防火的优势;

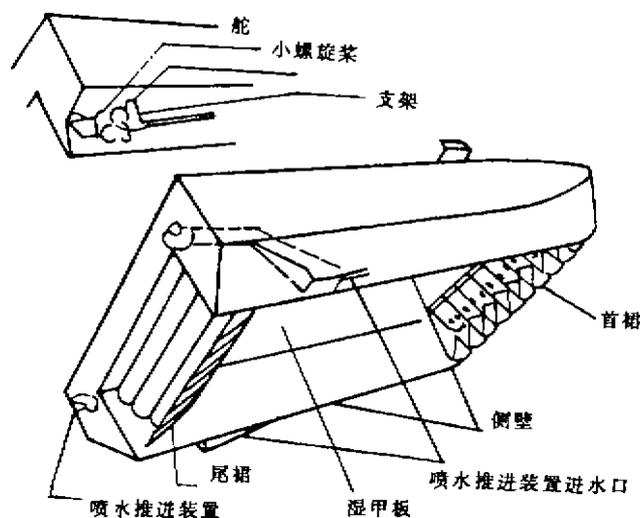


图 4 侧壁气垫船示意图

- 8) 有较好的抗水下爆炸能力,据国外试验报道,由于气垫的存在,爆炸中冲击波的破坏力将降低 60% ~ 80%。

2.2.2 缺点:波浪中失速较大,与常规船相比多了一套飞升设备。

2.2.3 用途:客船、交通艇、气垫猎扫雷舰、隐形导弹艇、巡逻艇等。

2.2.4 国内外发展情况

我国的研制工作起步于 60 年代,1971 年即建成一艘实用的侧壁气垫船“金沙江”号。于



图5 全玻璃钢200客侧壁气垫船(中国)

80年代初开始实用,目前在川江、长江、港、穗、青岛等江海流域已开辟近10条民用航线,已(将)建20余艘共3000多客位,而且营运航线稳定,围裙囊寿命已达2000小时,围裙指1000小指。并已发展了400客位、240吨级的沿海客船,300客位、200吨级的长江客船和135吨的海上交通艇721型。

国外研制工作起步始于60年代末,70年代美国拟发展80节、3000吨的小型航母和气垫导弹驱逐舰3KSES型,后因战术目的不太明确和技术难度太大而下马。80年代后期美国发展了200吨级巡逻艇WSES型,已建成14艘,在海岸警卫队用了9年,进行巡逻、缉私、缉毒工作,该船结实、可靠、舒适、耐用,由于工作出色连年受奖,被认为是巡逻艇中最优秀的船型。

法国发展了200吨级侧壁气垫导弹舰。

瑞典发展了140吨级的隐形导弹艇。

挪威发展了375吨的气垫导弹舰。

前苏联发展了650吨级的气垫导弹舰“德盖奇”型。其中装有超音速的蚊式导弹。

日本则认为此型船的突出优点为易于向大型化发展,因为船加大后则由于航速在50节左右已能满足,则相应的傅氏数 F_{rL} 和波长船长比 (λ/L) 将相对较小,所以快速性、经济性、耐波性将得到改善,因此他们目前正在发展超高速邮轮,即排水量3000吨、长127米、航速50节的侧壁气垫集装箱船,称为TSR-A127计划。其70米长的样船业已建成并付之试营运,该计划将于本世纪末完成。

国内外侧壁气垫船的主要参数如表3所示。

2.3 水翼艇

水翼艇底下装有类似于飞机机翼的水翼。当艇达到一定的速度后,水翼产生的升力把船体完全抬离水面,从而大大地降低了水的阻力而获得高速(见图6)。

水翼艇大致可分为三类,即浅水翼艇、表面割划式深水翼艇、深浸自控水翼艇(图7、图8)。

2.3.1 特点(深浸自控水翼艇):高速、耐波性好、波浪中失速小、机动性好。

2.3.2 缺点(深浸自控水翼艇):造价高、自控设备复杂、水翼系统较复杂。

2.3.3 用途:客船、水翼导弹艇、鱼雷艇等。

2.3.4 国内外发展情况

我国于1958年开始水翼艇的研究,1960年建成我国第一艘水翼客船“水翼1号”,60年代先后在123K和6625鱼雷艇上加装前水翼成功,航速提高5~7节,后因耐波性欠佳、装置复

表 3 国外侧壁气垫艇的主要参数

艇的型号	7211	719 II	Agass-200	SMYCE	气垫扫雷艇	TSL-A70(飞翔号)
国家	中	中	法	瑞典	挪威	日本
船型	高速交通艇	高速渡轮	飞垫护卫艇	隐型导弹艇		集装箱气垫试验船
总长(m)	29.7	40	51	30.4	55	70
总宽(m)	7.9	8.28	13	11.4	13	18.6
载客(人)	162	257				
总重(t)	60	123	250	140	357	~800
最大航速(kn)	30	27.1	45	740	22	54
船体材料	全铝焊接结构	钢质主船体	铝	玻璃钢		铝
	2 × MWMTBD234	3 台 MWMTBD	推进	推进		推进
发动机	V12 推进	V16 柴油机	2 台 MTU16V396	2 台 MTU16	2 台 MTU12V396	2 台 12000kw
	1 台 TBD234	2 台推进	TE94	V396TB94	TF84	MFT-8 燃气轮机
	V6 飞升	1 台飞升	飞升	飞升	飞升	飞升
总功率(kW)	1460	2265	2 台 MTU8V396 7350	2 台 Scanic-dsll 4972	2 台 MTURV396 4200	3 台 1500kw 柴油机 1 台 1500kw 燃气轮机 30 000
续航力(n. mile)			1200		500	
武备			2 枚 MM40 飞鱼导弹 1 部 Dauphin 直升飞机 2 枚直升飞机用反潜导弹 2 枚 Profican-decoy 导弹 1991.3	2 部 Trinity40mm 炮 2 部可伸缩 RPS-15 火箭反潜武器, 扫雷设备,水雷等 1991.3	各种扫雷机具	
建造年代	1992.12	1988.8	1991.3	1991.3	1993 ~ 1994	1994
备注	现航行在 香港-蛇口间	航行在 上海-崇明岛	军民通用			在日本沿海试用

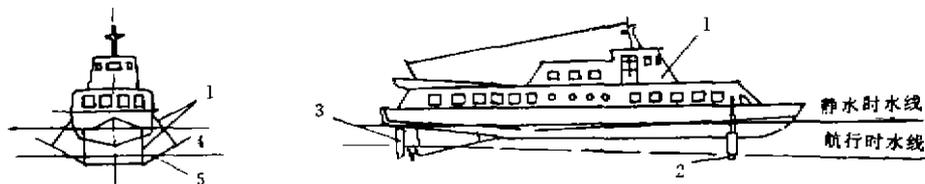


图6 表面割划式水翼艇示意图

1-船身;2-首水翼;3-尾水翼;4-支柱;5-水翼

杂,靠码头不便等原因未获推广。

1990年11月中船总与香港远东水翼船务有限公司签订了设计建造PS30自控全浸水翼客艇的任务,由701所设计,702所负责模型试验,新南公司与求新船厂1994年完成建造。此外国内各水上运输部门于80年代末开始购进较多俄罗斯新旧浅浸式水翼客船“火箭”、“流星”等型用于长江、西江、珠江、黑龙江等流域。

美国于60年代研制成功深浸自控双水翼艇,于70年代末建成6艘水翼导弹巡逻艇(PHM)已使用了12~17

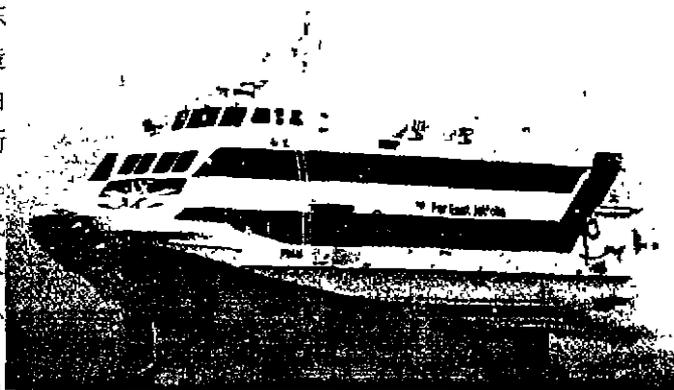


图7 PS30艇全貌(中国水翼客艇)

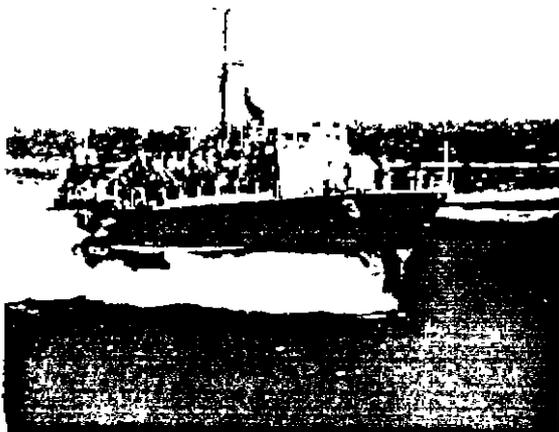


图8 美国导弹水翼艇 PHM

年,于今年全部退役。该项技术已全部转让给日本川崎重工。

独联体是拥有最多水翼艇的国家,共计800艘以上。

国内外水翼艇的主要参数见表4所示。

由于自控双水翼艇的耐波性特好,故适用于风浪较大而船舶尺度又较小的海域。

表 4 国内外水翼艇主要参数

艇的型号	PS-30(图 15)	剑鱼	飞马座(图 14)	Mafius 600(图 16)
国家	中		美	意大利
船型	自控全浸式水翼客船	全浸自控导弹水翼艇	全浸自控导弹水翼艇	表面割划式导弹水翼艇
总长(m)	29.1	22.95	40.5	35
型宽(m)		10.77	8.5	7
最大宽度(m)	9.2	12.06	14.5	14.4
浮态吃水(m)	4.65	4.33	7.1	4.55
排水量(t)	118	60.5	239	116
最大航速(kn)	42	50	48	38
耐波性	9级风安全航行有义波高 2.1m 翼航	四级海情航速 40kn	2.6-4.0m 波高时 40kn	
主机	2台 Aillson-50KF 燃气轮机	Rolls Royce "Porteus" 燃气轮机	LM2500 燃气轮机	2台 MTU 16V 652TB71
总功率(kW)	6368	3309	13235	2 × 1940
续航力(n mile)	100			500
推进器	喷水推进	喷水推进 + 螺旋桨推进	喷水推进	
武器(或装载)	274人	2枚 S/S 导弹 1座 76mm 炮	2座 4枚鱼叉导弹 1座 76mm 炮	4枚 otmat 导弹 双 40mm 自动炮
建造年代	1993 ~ 1994			
备注				有简单自控增稳装置

2.4 地效翼船

2.4.1 地效翼船一般可分为三类。

1) 动力增升型地效翼船(PARWIG)

该船航行时相当于飞机的起飞状态,即机翼贴近地面,来流在机翼下方获得阻塞而机翼下方的压力升高,于是升力急剧上升。使该艇贴水面航行,阻力小,航速很高。同时其前置导管又将压力气流送至主翼下方产生增加升力的作用,故称为动力增升型地效翼船(图 9、图 10、图 11 所示)。

2) 动力气垫地效翼船(DACWIG)

该艇充分利用动力气垫增压现象(图 12、图 13 所示)。由首部主机带动的涡轮风扇将压力气流打入气垫内部,由尾翼的向下转折又使气垫内的气流在向尾部逸流时受到阻塞。使机翼下的压力急剧上升。由于采用小的主翼展弦比,且机翼下气垫的存在,使此型艇不仅具有上述艇的优点,还有下述特点:

- (1) 艇的起飞速度、长度大大减小;
- (2) 具有可登陆性和两栖性;
- (3) 艇的翼载大大提高,从而减小了艇的周界尺度;

(4) 减小起飞和着陆时的抨击加速度,改善了艇的耐波性;

- (5) 便于停靠船用码头;

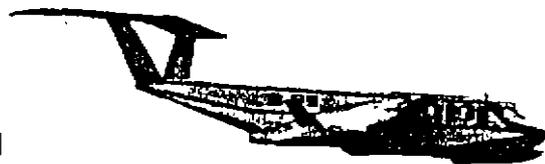


图 9 信天翁-II 型动力螺升地效翼船(中国)



图 10 前苏联的大型地效翼船“里海怪物”

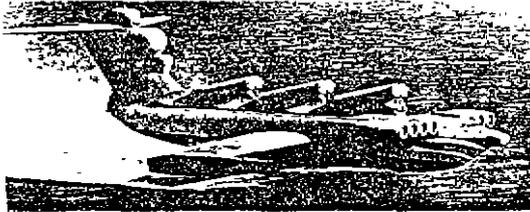


图 11 俄 Plyunь 型导弹地效翼船



图 12 750 型动力气垫地效翼试验船(中国)

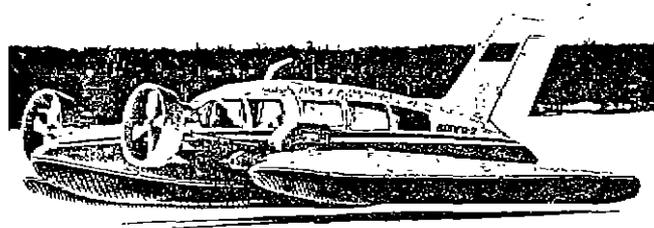


图 13 俄动力气垫船“伏尔加-2”型

上述两型艇的共同优点是：超高速(≥ 100 节)、耐波性好,与飞机相比价格便宜、无需跑道、航行安全、超低空飞行,具有掠海能力。

缺点是：技术复杂、还不成熟、目前尚处于开发之阶段；动力布置和防腐蚀问题较复杂；工程问题尚不明确。

3) 空气动力地效翼船(AGEC)

此型船的设计思想十分类似于俄罗斯的第一代地效翼船,它无前置导管,用串联机翼以保证稳定性。该型艇飞高极小,贴水飞行,耐波性差,仅适用于内河。

2.4.2 用途

客船,超低空导弹艇,遥控超高速靶艇,救助艇等。

2.4.3 国内外发展情况

1)1981 年 702 所已建成单座、3 座冲翼试验艇(图 9 所示),现正建造 15 座冲翼试用艇 XTW-Ⅱ型。

2)1986 年 708 所已建成双座气翼艇(图 9 所示),现正在建造 20 座气翼试用艇 751 型。

3)前苏联于 70 年代建成总重约 500 吨可容纳 800~900 名士兵,航速达 130~200 节。总长为 120 米的冲翼艇,被西方国家称为“里海怪物”,艇重为当时最大飞机的两倍(图 11 所示)。

4)俄罗斯已建成伏尔加-Ⅱ型 8 座动力气垫客艇(图 13 所示)。

5)俄罗斯已建成总重约为 400 吨的地效翼导弹艇(图 12 所示)。

俄罗斯已建成的地效翼艇的主要参数见表 5 所示。

表 5 俄罗斯斯已建造的地效翼船

机型	КОРАБЪЯМАКЕТ	ОРЛЕНОК(904)	Лунь(903)	СТРИЖ	БОУГА-2
中译名	“黑海怪物”(KM)	小海雕	雌鹱	雨燕	伏尔加-2
研制情况及时间	1966年首航	1972~1974年批生产	1986年建成	已批生产	批生产
用途	大型试验艇	军用两栖攻击运输	导弹艇、救生艇 中央设计局	军用教练、巡逻	民用
研制单位					
总长(m)	92	58	73.8	11.4	11.4
翼展(m)	37	31.5	44	6.7	7.5
总高(m)	22	16.5	17	3.6	3.32
最大起飞重量(t)	544	140	400	1.7	
正常起飞重量(t)	500	125	370		2.5
载重量(t)		20+20吨燃油			
载员(人)		机组9人+250人	400	2	1+8
最大速度(km/h)	500		550	220	
巡航速度(km/h)	400~450	400	450	180	120
着水速度(km/h)	<140				
巡航离水面高度(m)	4	2	1-4	0.3~1	
航程(km)	—	2 000		500(800)	500
适航性	3m浪高	起飞2m,排水航行 2~3.5m,飞行不限 2台HK-8-4K2 x 10		起飞0.5m,排水 航行1.3m浪高	0.5m浪高
发动机	10台BJI-C 10 x 13吨涡喷	吨1台HK-12MK 涡 桨 1 x 15.5吨推力	8台HK-87	2台伏尔加 300 2 x 161KW	2台BA3413 2 x 95kW
备注					(P)级航区

(待续)